

## ИССЛЕДОВАНИЕ ПОМЕХОУСТОЙЧИВОСТИ RAKE-ПРИЕМНИКА

*Аннотация.* В статье рассматривается моделирование основного метода обработки сигналов разнесенного приема, самого эффективного метода обеспечения высокого качества передачи информации в условиях высокого уровня шума и замираний в широкополосных системах связи, обладающих повышенной скрытностью и помехоустойчивостью. Для них частотная селективность каналов связи и применение Rake-приемника являются актуальным.

*Ключевые слова:* многолучевое распространение; Rake-приемник; корреляция; вероятность ошибки; отношение сигнал/шум.

Многолучевое распространение возникает как результат многократного отражения передаваемого сигнала от зданий и других препятствий на пути распространения радиоволн в результате замираний. Одним из наиболее эффективных методов борьбы с многолучевыми замираниями является так называемый разнесенный прием, который реализуется в Rake-приемнике. Такой приемник использует многоканальный принцип обработки [1].

Имитационная модель создана в программе MATLAB Simulink (R2017b), ее можно наблюдать на рис. 1. Для создания модели Rake-приемника в библиотеке программы были использованы такие основные блоки, как Bernoulli Binary Generator — данный блок генерирует случайные двоичные числа, Walsh Code Generator — формирует определенную последовательность Уолша в диапазоне  $[0, N-1]$ , BPSK Modulator Baseband — модулирует сигнал на основе двоичной фазовой модуляции, Multipath Rayleigh Fading Channel — с помощью этого блока удастся назначить каждой ветви различный спектр, AWGN Channel — добавляет белый Гауссовский шум к входному сигналу и формирует сложный выходной сигнал, Find Delay — позволяет найти максимум функции взаимной корреляции между сигналами, Variable Integer Delay, Integrate and Dump — задают параметр периода интеграции, Gain, BPSK Demodulator Baseband — демодулируют сигнал на основе двоичной фазовой модуляции, Multipath, Error Rate Calculation — вычисляют коэффициент ошибки, Display — реализует вывод коэффициента ошибки на экран [2].

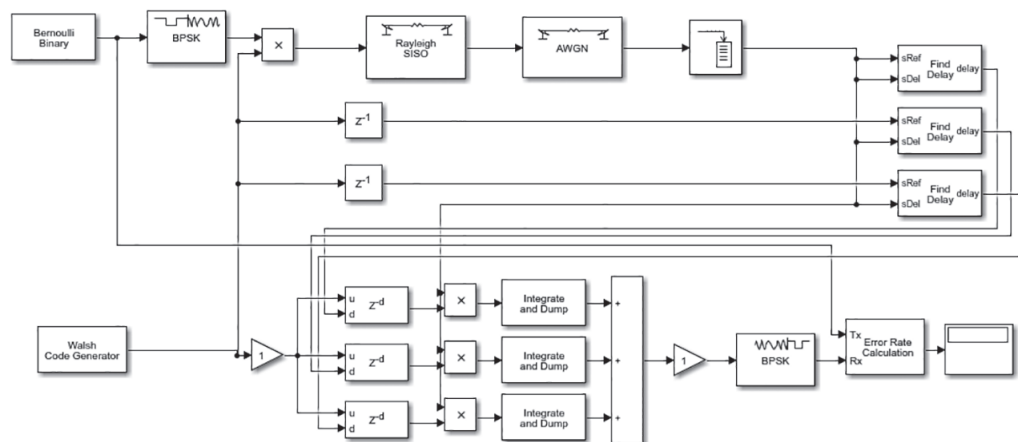


Рис. 1. Модель Rake-приемника

С помощью разработанной схемы был произведен анализ помехоустойчивости. На приемной стороне было организовано сложение трех лучей: три ветви с задержками во времени. Все использованные коэффициенты передачи комплексносопряженные по отношению к коэффициентам передачи соответствующих лучей для многолучевого широкополосного канала. Все выходные сигналы суммируются, далее суммарный сигнал подается на блок понижения частоты дискретизации [3].

В результате эксперимента была снята кривая помехоустойчивости, диапазон изменения отношения сигнал/шум (SNR — signal-to-noiseratio) от 1 до 10 дБ с шагом 1 дБ. Менялся этот параметр синхронно в двух блоках АБГШ-канала. Также в работе была рассчитана теоретическая кривая помехоустойчивости.

В таблице 1 представлены экспериментальные данные кривой помехоустойчивости в зависимости от отношения сигнал/шум (SNR). В таблице 2 приведены рассчитанные данные теоретической кривой помехоустойчивости в зависимости от отношения сигнал/шум (SNR).

Таблица 1

SNR, дБ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{ош}}$	0,160	0,127	0,102	0,093	0,084	0,079	0,071	0,068	0,063	0,059

Таблица 2

SNR, дБ	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$P_{\text{ош}}$	0,123	0,091	0,076	0,067	0,060	0,054	0,050	0,048	0,045	0,042

По данным таблиц 1 и 2 построены кривые, приведенные на рис. 2. Как видно на данных графиках, результаты эксперимента достаточно близки с результатами теоретического расчета. Различие составляет в величине вероятности ошибки ( $P_{\text{ош}}$  — побитовая вероятность ошибки) примерно 0,02.

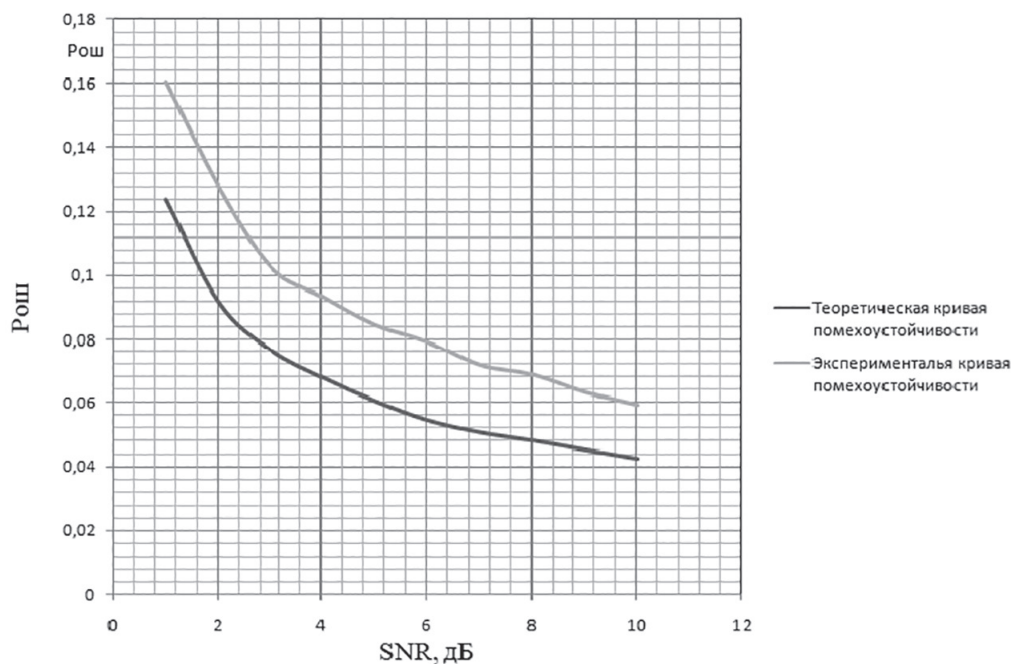


Рис. 2. Сравнение экспериментальной и теоретической кривых помехоустойчивости

Таким образом, в результате работы создано программное обеспечение для исследования помехоустойчивости Rake-приемника в широком диапазоне изменения параметров многолучевости.

### Список литературы

1. Скляр Б. Цифровая связь. СПб., 2003. 1104 с.
2. Черных И. В. Simulink: Инструмент моделирования динамических систем. М., 2004. 491 с.
3. Гаёв А. А. Исследование помехоустойчивости систем связи с разнесенным приемом сигнала. Екатеринбург, 2016. 70 с.